

TARTU ÜLIKOOL
Arvutiteaduse instituut
Informaatika õppekava

Kristjan Kitse
Visuaalne valge müra keskkond
virtuaalreaalsuses
Bakalaureusetöö (9 EAP)

Juhendaja(d): Madis Vasser, MSc
Jaan Aru, PhD

Tartu 2018

Visuaalne valge müra keskkond virtuaalreaalsuses

Lühikokkuvõte:

See lõputöö keskendub hallutsinatsioonide tekke uurimisele. Põhiliseks ülesandeks oli luua virtuaalreaalsuses keskkond, mis võimaldaks testida inimesi olukordades, kus visuaalne info on väga ebamäärane. Selle keskkonna loomisel kasutati virtuaalreaalsuses valget müra, mis katab kõiki objekte. Katsealuse ülesandeks on teda ümbritsevate erinevate objektide seast välja filtreerida erinevat tüüpi toolid. Üheks võtmeülesandeks selle töö juures oli teha objektid täpselt parasjagu rakselt nähtavaks, et katsealustes tekiksid kahtlused. Mürarikas keskkond suurendab tajuhäirete tekkimise tõenäosust. Esmaste testide tulemused näitasid, et inimesed kohanevad antud keskkonnaga väga erinevalt. Osadel võtab kohanemine rohkem aega, teistel vähem. Inimesed kirjeldasid erinevaid väiksemõõdulisi tajupetteid. Tihti ei osatud täpselt seletada, mida nähti. Kõik esinenud tajupetted olid lühiajalised.

Võtmesõnad:

Virtuaalreaalsus, illusoorseid objektid, valge müra, ennustav kodeerimine, hallutsinatsioonid

CERCS: P170 Arvutiteadus, arvanalüüs, süsteemid, kontroll

White noise environment in VR

Abstract:

This thesis focuses on learning why and in what situations hallucinations occur. The main aim was to create a virtual reality environment, where people could be put thru different kinds of scenarios that would not be possible in real life. I chose to create an environment that is fully made out of white noise materials because a noisy environment increases the possibility of brain playing tricks on us. In the main scenario test subjects are surrounded with different kinds of objects and are asked to filter out only those that resemble some type of chair. One of the main objectives when developing this environment was to find that thin line between seeing an object and not seeing it, so that test subjects would have dilemmas. Results showed that people experienced different kinds of small phenomena, that they usually found hard to explain. Most of the time the experiences that occurred were very temporal.

Keywords:

VR, illusory objects, white noise, predictive coding, hallucinations

CERCS: P170 Computer science, numerical analysis, systems, control

Sisukord

1.	Sissejuhatus	4
2.	Taust.....	7
2.1	Illusoorsed objektid või hallutsinatsioonid	7
2.2	White Christmas	8
2.3	Aju ennustav kodeerimine	8
2.4	Virtuaalreaalsus	9
3.	Meetod	10
3.1	Virtuaalreaalsusprillid	10
3.2	Mängumootor	10
	Visuaalprogrammeerimine	10
3.3	Valge müra keskkond	12
	Lahendused.....	14
	Puudused ja korrektuurid	17
	Materjalid	17
4.	Tulemused	20
	Tagasiside.....	20
	Edasised arendused	20
5.	Kokkuvõte	22
6.	Kasutatud kirjandus	23
Lisad	25
I.	Rakenduse kasutusjuhend	25
II.	Litsents.....	25

1. Sissejuhatus

Aju on keeruline organ. Siiani pole teadlastel täielikku arusaama sellest, kuidas aju toimib (Pitkow, 2017). On olemas nähtused nagu hallutsinatsioonid ja illusoorseid objektid, mis annavad mõista, et inimesed ei taju ümbritsevat pelgalt sensoorselt saadud informatsiooni põhjal. Neid kõrvalekaldeid püütakse erinevate teooriate ja hüpoteeside abil seletada. Üks moodus nende teooriate ja hüpoteeside testimiseks on täpselt selgeks teha, millal ja miks sellised ääreala fenomenid nagu hallutsinatsioonid tekivad.

Hallutsinatsiooniks saab nimetada meeleeelunditelt saadud info valesti tõlgendamist. Võib juhtuda, et kui ootused mingi sündmuse osas on hästi tugevad, siis hakkab taju tegelikke signaale üle tõlgendama. Kui pärismaailmast saabuv informatsioon on liialt intensiivne, infot on liiga palju või tegemist on aju jaoks uudse olukorraga, siis hallutsinatsioonide tekke tõenäosus suureneb. Põhjuseks saab tuua tugeva sisemise mudeli puudumise antud olukorra jaoks, ning ebamäärane müra jätab ajule suurema valikuvabaduse meeleeelunditelt saadud informatsiooni ületõlgendamiseks. (Palm, 2018) (Hohwy, 2013)



Joonis 1. Dalmaatsia illusioon. (Gregory, 1970)

Hallutsinatsioonide ja illusoorsete objektidega on tehtud palju erinevaid eksperimente läbi ajaloo. Enamasti on nende eksperimentide läbiviimiseks kasutatud kahedimensionaalseid vahendeid nagu pildid või muud ekraanid. (Yellowlees & Cook, 2006) Need vahendid ei anna meile täiuslikku arusaama sellest, kuidas ja millal tajupetted inimest temale omases kolmedimensionaalses keskkonnas mõjutavad.

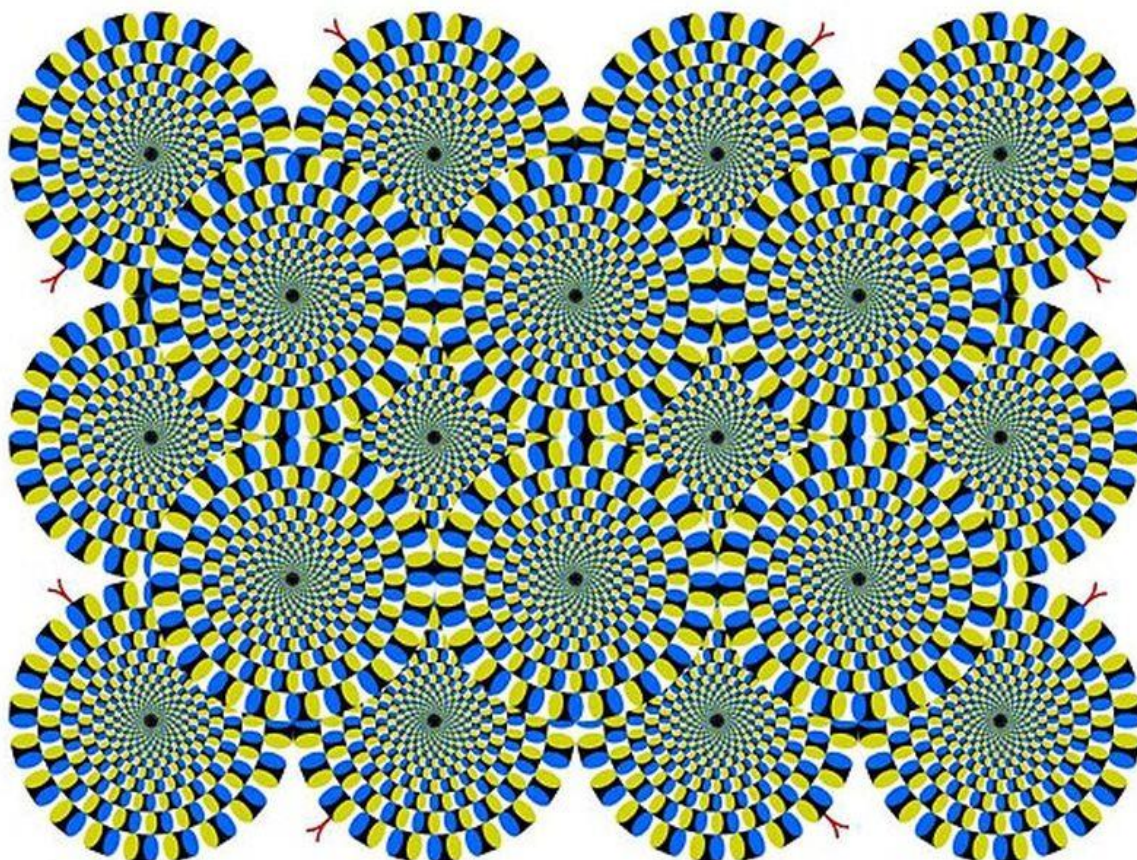
Virtuaalreaalsuse tulek on avanud täiesti uue võimaluste maailma. Arengud seal valdkonnas aitavad järjest paremini jäljendada päriselu tingimusi, kuna ekraanid on stereoskoopilised ning täidavad kogu kasutaja nägemisvälja. Lisaks virtuaalreaalsuse laialdasele levikule meelelahutuse valdkonnas, saab VRi potentsiaali ära kasutada ka paljudes teistes valdkondades. Virtuaalreaalsus võimaldab panna inimesi olukordadesse ja keskkondadesse, mis muidu oleksid võimatud, avades sellega rida võimalusi just teadusmaastikul.

Käesoleva bakalaureuse töö eesmärgiks on arendada virtuaalreaalsuses keskkond, mis võimaldaks asetada inimesi visuaalselt mürarikasse keskkonda ja läbi vastavalt disainitud stsenaariumi tekitada katsealustel visuaalseid hallutsinatsioone. Keskkonna ainsaks ja läbivaks eesmärgiks ei ole lihtsalt hallutsinatsioonide tekitamine. Peamine eesmärk on luua töövahend psühholoogidele ja ajuteadlastele uurimaks hallutsinatsioonide tekke põhjuseid ja testimaks erinevate teooriate paikapidavust. Selle keskkonna loomiseks kasutan mängumootorit Unreal Game Engine 4 ja HTC Vive virtuaalreaalsus peakomplekti.

2. Taust

2.1 Illusoorsed objektid või hallutsinatsioonid

Illusoorsed objektid on objektid, mida näevad kõik inimesed sarnaselt samamoodi valesti. Näiteks on illusoorseks objektiks pilt, mis koosneb paljudest mitmevärvilistest ovaalidest, mis kokku moodustavad ringe. Kui seda pilti vaadata tundub nagu ovaalid liiguksid ringiratast, kuigi tegelikult seisab pilt paigal.



Joonis 2. Roomavate usside illusioon. (Kitaoka, 2003)

Hallutsinatsioonid on see-eest iga inimese jaoks individuaalsed nähtused. Hallutsinatsioonide korral ei ole tegu välise stimulatsiooniga vaid nad on tekitatud inimeste enda sisemiste stimulatsioonide poolt. Hallutsinatsiooni käigus näeb või kuuleb inimene midagi, mida tegelikult olemas ei ole, kuid vahe väärt tajumise, illusioonide ja hallutsinatsioonide vahel ei ole inimesele alati selge. Tihti on põhjustatud hallutsinatsioonide nägemine eelnevalt läbielatud. Aju täidab enda jaoks ebaoluliste ebakõlade lüngad eelneva elukogemuse põhjal ning seeläbi võivad tekkida tajupetted. Kuna see on aga pidev protsess, siis pole tajupetted ja hallutsinatsioonid sugugi harv nähtus, vaid

midagi mida kõik inimesed kogevad. Kõige tihedamini esineb hallutsinatsioonid inimestel, kes on haiged või kes on tarvitanud narkootilisi aineid. Esineb palju olukordi kus osad inimesed näevad hallutsinatsioonid ja teised ei näe. Samuti võivad sarnases olukorras tekkida kahel erineval inimesel täiesti erinevad hallutsinatsioonid. (Palm, 2018)

Antud töös keskendume rohkem hallutsinatsioonidele, sest need annavad meile informatsiooni inimeste individuaalsete sisemiste mudelite kohta.

2.2 White Christmas

Hallutsinatsioonide paremaks mõistmiseks on läbiviidud nõ *White Christmas* tüüpi eksperimente, mis on ka antud töö eeskujuks. Algupäraseks eksperimentiks, mis viidi läbi 1964. aastal paluti katsealustel silmad sulgeda ja ette kujutada, et taustal kostab Bing Crosby "White Christmas" (Barber & Calverley, 1964). Kõik katsealused olid naised ja nende peal kasutati hüpnootilisi võtteid. 30. sekundi möödudes tunnistas 54% katsealustest, et kuulsid nimetatud laulu selgelt mängimas, ehkki tegelikult seda laulu ei kõlanud.

Esialgse eksperimenti modifikatsioonina lõi Harald Merckelbach ja Vincent van de Ven testi, kus selle asemel, et katsealustel lihtsalt paluda laulu ette kujutada, neile kõigepealt mängiti seda laulu. Seejärel lasti neile kõrvaklappidest valget müra, mille sees väideti taustal võibolla mängivat see sama laul (Merckelbach H, 2001). Katsealuseid instrueeriti laulu kuulmisel sellest nupu vajutuse teel teada andma. Tegelikult mingit laulu valge müra taustal katsealustele ei mängitud. 32% katsealustest tunnistas laulu kuulmist. (Pierre, 2014)

Nende eksperimentide tulemused viitavad sellele, et osadel inimestel on suurem kalduvus hakata asju ette kujutama kui teistel. Seda nõ kalduvust fantaasiale peetakse isikuomaduseks, mis on otseses seoses hääle kuulmisega. (Pierre, 2014)

2.3 Aju ennustav kodeerimine

Aju ennustav kodeerimine (*predictive mind*) on viimastel aastatel populaarsust kogunud teooria sellest, kuidas aju võiks töötada. Selle kohaselt on sensoorselt saadud informatsioonil pelgalt kontrolliv funktsioon kinnitamaks või parandamaks seda, mida aju on juba ennustanud (Hohwy, 2013). Kui aju poolt ennustatud mudel eksib, siis tehakse

modelis vastavad muudatused, mis sobituvad meeleeelunditelt saadud informatsiooniga. Selline pidev korrektuuride tegemine tagab edaspidi mudeli parema veakindluse.

Seda teooriat arvesse võttes oleks huvitav näha, kuidas käitub inimese aju uudsesse mürarikkasse keskkonda panduna, kus puudub selge mudel, mille põhjalt ennustusi teha. Aju-uuringud loomade peal on näidanud, et selge visuaalse stiimuli puudumisel sarnaneb täiskasvanud isendite ajutegevus looduslike stseenide nägemisel esineva aktiivsusega .

2.4 Virtuaalreaalsus

Virtuaalsete keskkondade kasutamise tõhusus psühholoogias on tingitud sellest, et virtuaalses ruumis liikumine ja sellega seotud aistingute muutused on aju jaoks ekvivalentsed ja aju töötleb neid samamoodi nagu reaalseid sündmusi (Foreman, 2009). Virtuaalreaalsus annab võimaluse mingeid situatsioone paindlikult mitu korda läbi mängida, seejuures katsealuse igat liigutust monitoorides.

Neuropsühholoogia on üks harudest, mis võib suuresti kasu lõigata VR tehnoloogiast. Virtuaalreaalsuses on potentsiaal luua süstemaatiline kolmemõõtmeline keskkond inimkäitumise uurimiseks, kus on võimalik erinevaid stiimuleid vastavalt vajadusele muuta ja katsealuste igat liigutust salvestada ja hiljem analüüsida. (Schultheis, Himmelstein, & Rizzo, 2002)

Üks virtuaalreaalsuse kasutamise võimalikest miinustest on see, et halvasti disainitud kogemuse korral (nt kiire liikumine) võib kasutajal esineda tugevat iiveldust. Selle sümptomid on üpris sarnased merehaigusega, kuid erinevalt merehaigusest võib VRi põhjustatud iiveldus tekkida ka füüsiliselt paigal seistes (LaViola Jr., 2000). Piisab lihtsalt visuaalsest liikumise tajumisest, et iiveldus tekiks. Selle tekkimise peamiseks põhjuseks peetakse visuaalse taju ja vestibulaarse informatsiooni omavahelist lahkeli, mis virtuaalses keskkonnas viibides tekib. (LaViola Jr., 2000)

VRi kasutusvaldkondi on palju, aga eriti kasulik on see valdkondades, kus see võimaldab panna inimesi situatsioonidesse, mis muidu ei oleks tehniliselt võimalikud. Selle tõttu on ka selle lõputöö eesmärkide saavutamiseks vajalik VRi kasutamine.

3. Meetod

3.1 Virtuaalreaalsusprillid

Selles töös kasutati HTC Vive virtuaalreaalsuse peakomplekti. See on kasutatav koos arvutiga, millel on võimekas graafikakaart. See on välja töötatud HTC ja Valve Corporation koostööl. Peakomplekt lubab kasutajal liikuda ettenähtud kolmemõõtmelises ruumis ja kasutada kahte juhtmevaba pulti, et ümbritsevaga suhestuda. (D'Orazio & Savov, 2015)

Peakomplekti värskendus sagedus on 90 Hz ja selle vaateväli on 110 kraadi. Seadmel on kaks ekraani, mõlemale silmale üks, ja mõlema ekraani resolutsioon on 1080x1200 (kombineeritult 2160x1200). (Maiberg, 2015) Turvakaalutlustel on peakomplektil ka ette suunatud kaamera, millega saab vajadusel oma ümbrust jälgida ilma peakomplekti peast võtmata. Peakomplekt on varustatud ka rohkete infrapuna sensoritega, mis leiavad statsionaarsed andurid ja määravad selle abil pea hetkelise asukoha ruumis. (Buckley, 2015)

Alternatiivseks valikuks oleks olnud Oculus Rift. Oculus Rift on mõeldud rohkem istuvalt kasutamiseks. (Desai, Nikhil Desai, Ajmera, & Mehta, 2014) Kuid kuna antud ülesande implementatsiooniks on vajalik 360 kraadine liikumisvabadus, siis sobis selleks ülesandeks Vive paremini.

3.2 Mängumootor

Virtuaalreaalsuse keskkonna loomisel kasutati mängumootorit Unreal Engine 4 (UE4). See võimaldab suure osa arendustööst ära teha kasutades visuaalprogrammeerimise meetodeid, mis oluliselt kiirendab programmeerimist. Kõikides olukordades pole võimalik ainult visuaalprogrammeerimise meetoditele toetuda. Selliste juhtude puhul saab UE4s kirjutada ka vajaminevaid koodijuppe otse C++ programmeerimiskeeles.

Alternatiivseks variandiks, mis võimaldab samuti mugavalt VR keskkondi luua, oleks olnud kasutada Unity mängumootorit. Unity's käib arendamine C# programmeerimiskeeles. Unity's ei ole sisseehitatud visuaalprogrammeerimise võimekust. Vajadusel saab osta Unity'le laiendusi nagu näiteks FlowCanvas, mis võimaldab kasutada UE4le sarnast visuaalprogrammeerimist (Paradox Notion, 2015).

Visuaalprogrammeerimine

Visuaalprogrammeerimiseks nimetatakse sellist programmeerimise viisi, mis kasutab programmeerimiseks graafilisi elemente, mis sisaldavad endas teatud funktsioone või

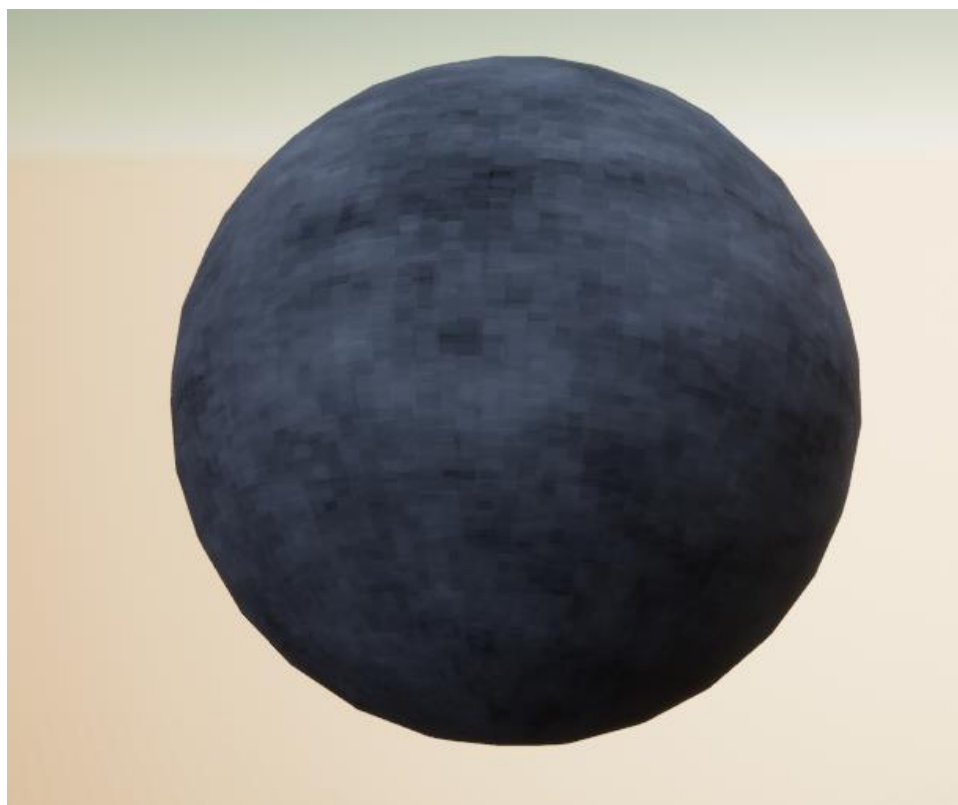
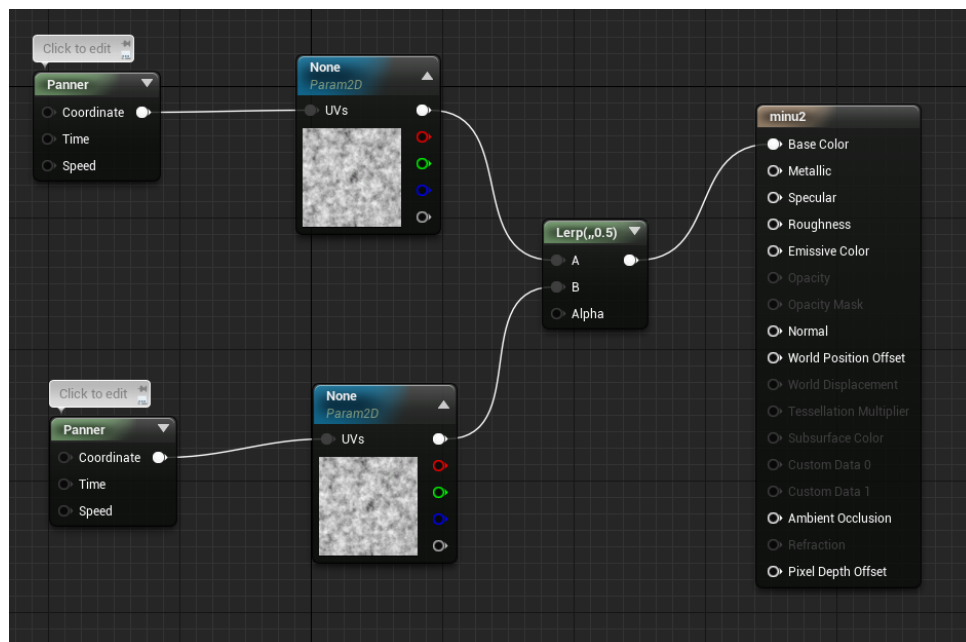
ülevaatlükuma pildi toimuvast. Kood on graafilisena kompaktsem ja inimesed on paremini kohanenud piltide tõlgendamiseks, kuna enamus inimeste päevastest tegemistest on toetatud visuaalselt.

3.3 Valge müra keskkond

Eesmärgiks oli luua visuaalse taustamüraga VR-keskkond. Selles sisalduvad kolmedimensionaalsed objektid pidid olema täpselt parasjagu õrnalt ümbritsevast eristuvad, et põhjustada katseisikutes dilemmasid. Selle õrna piiri leidmine objekti nägemise ja mitte nägemise vahel osutuski antud töö üheks võtmeülesandeks. Seda prooviti saavutada materjali omaduste muutmisega ja objektide liigutamisega katseisiku suhtes.

Arendamise alguses oli suures plaanis kaks erinevat mõtet, kuidas soovitud efekti saavutada. Esimene ja lihtsam variant oli teha katsetusi keskkonnaga, kus katseisik paigutatakse seest õõnsa objekti sisse, mis on seestpoolt kaetud mürarikka materjaliga. Teine mõte oli proovida paigutada katseisikud mingisuguse modifitseeritud udu sisse, mis võiks anda justkui vahetuma kogemuse.

Katsetuste tegemist alustati esimesest variandist. Selleks loodi sfäär, mille sees olid ka mõned tavalised objektid nagu toolid ja lauad. Järgmiseks võtmeülesandeks oli leida õige materjal, millega kõik objektid katta. Materjali loomisel on Unreal Game Engine mängumootor jätnud arendajatele väga palju vahendeid, millega saab materjali omadusi ja väljanägemist muuta. Viise, mis võiks anda soovitud tulemuse tundus esialgu olevat väga palju. Esmalt tundus parim mõte luua animeeritud materjal, mis on pidevas liikumises objekti pinnal. Katsetusi tehti variantidega, kus materjalil oli mitu erinevat kihti, mis kõik hakkasid eri suundades hästi kiiresti liikuma. Selle saavutamiseks on UE4s olemas meetod *Panner* (Unreal Engine, 2015). See võimaldab materjali objekti pinnal soovitud suundades konstantselt liikuma panna.



Joonis 4. Materjali retsept. Antud materjaliga kaetud kera.

See lahendus ei andnud väga häid tulemusi, kuna objektid sfääri sees olid raskusteta tuvastatavad. Seejärel eksperimenteeriti mängumootoris sisseehitatud müra tekitamise algoritmidega, mida sai mugavalt materjalide loomisel kasutada. Nendega loodud materjalid olid küll staatilised, kuid nendega saavutatud efekt oli palju parem. Materjalide peatükis on täpsemalt kirjas nendega seonduv informatsioon.

Teinud katsetusi paljude erinevate parameetri väärtustega, leiti lõpuks materjali konfiguratsiooni, mis tundus andvat parimaid tulemusi. Edasiseks eesmärgiks oli luua stsenaarium, mis utiliseeriks antud keskkonna potentsiaali.

Lahendused

Järgnevatel alapeatükkides seletatakse erinevad lähenemised põhjalikumalt lahti.

Esimised katsetused

Esimised eksperimendid ja stsenaariumid loodi kasutades statsionaarset seest tühja sfääri. Katsetati meetoditega, kus objektid lähenesid kindlast suunast katseisiku poole ja katseisiku ülesandeks oli võimalikult kiiresti tuvastatud objektile nupuvajutusega reageerida. Nende eksperimentide jaoks arendati välja erinevad mehhanismid, mis andsid eksperimendi kordinaatorile suure osa vastutusest objektide käitumise ja liikumise üle. Eksperimendi kordinaator sai vastavalt oma äranägemise järgi erinevaid objekte katseisiku suunas liikuma panna ja seisma jätta. Samuti sai objekte ajutiselt ära kaotada ja siis neid jälle sama koha peale tagasi tuua. Selle funktsionaalsusega oli võimalik katseisikutes suurt segadust tekitada.

Kahjuks selle lähenemisega polnud võimalik iga katseisikut sarnastes tingimustes testida, sest see sõltus suuresti eksperimendi kordinaatori otsustest. Selleks oli vaja luua stsenaarium, kus pole tingimata vaja isikut, kes kõike arvutist kontrolliks.

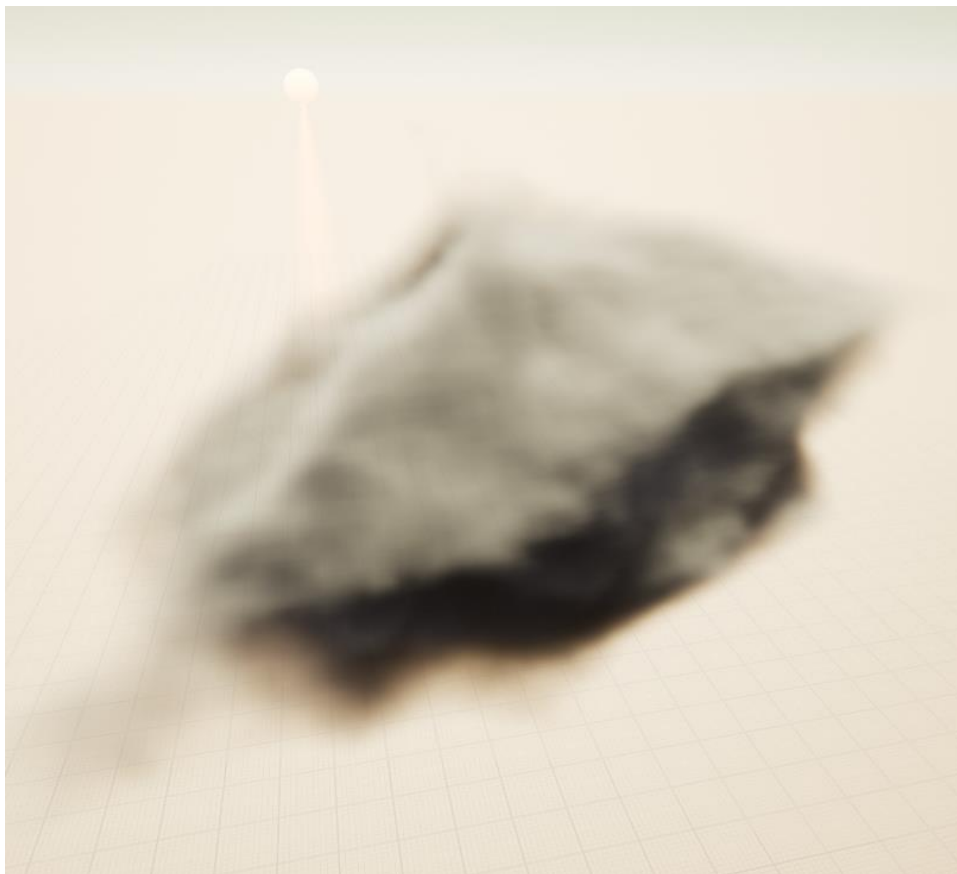
Pöörlev silinder

Selles stsenaariumis juhatatakse katseisik läbi pöörleva silindri, kus ülesandeks on leida ja tuvastada võimalikult palju objekte. Selle meetodi peamine puudus oli see, et katseisik pandi liikuma konstantse kiirusega läbi silindri. See viis ei võimaldanud katsealusel loomulikult viisil ümbritsevaga suhestuda ning selle lähenemisega ei saanud maksimaalselt ära kasutada HTC Vive'i ruumis vabalt liikumise võimekust. Samuti tekitas pöörlevas silindris viibimine mõnedes kasutajates ebamugavust ning tasakaaluhäireid.

Udu efekt

Selle lahenduse eesmärgiks oli teha katsetusi variandiga, kus selle asemel, et kogu kontekst luuakse kera ja seda katva materjaliga, oleks katseisik nõ mingi korrapärase udu sees. Selline lähenemine võib anda palju vahetuma ja huvitavama efekti, kuna viibitakse konkreetset millegi sees ja iga liigutus viib mängija visuaalselt uude keskkonda. Selle implementeerimiseks katsetati läbi erinevaid teeke, mis võimaldaksid luua kolmedimensionaalseid udu

meenutavaid objekte. Üheks selliseks teegiks oli ShaderBits GDC Pack, millega oli mugav luua erinevaid ruumilisi udu formatsioone (Brucks, 2016). Seda lahendust ei saanud soovitud viisil kasutada, kuna udu sisse minnes muutus kogu vaateväli tumedaks. Erinevate parameetrite modifitseerimine ei paistnud seda probleemi lahendavat.



Joonis 5. ShaderBits teegiga loodud udu formatsioon.

Praegune lahendus

Viimaks jätkati arenduste tegemist keskkonnas, kus katseisik paikneb sfääri sees. Valmis stsenaarium, kus katseisiku ümber paigutati erinevat tüüpi toolid ja ülesandeks oli need toolid enda ümbert üles leida. Raskendavaks asjaoluks oli see, et lisaks toolidele oli katseisiku ümber palju muid ebamääraseid objekte. Mõned neist võisid mingi nurga alt vaadatuna osutada küllaltki sarnaseks mõne tooliga. Kõik objektid, mis mängija ümber paigutati on pidevas pöörlemises ümber kõigi oma telgede. Kokku on katseisiku ümber 7 tooli ja võimalik on arvata 7 korda. Tooli valimiseks loodi nõ tulistamise mehhanism. Katseisiku käes on HTC Vive kontrollpult, millel nimetissõrme all olevat nuppu vajutades tulistatakse välja kera. Kera tulistatakse välja mängija vaatamise suunas. Ehk kui katseisik vaatab mingi objekti suunas ja vajutab vastavat nuppu kontrollpuldil, siis tulistatakse objekti suunas välja

kera. Kui keral ja objektil tekib ühisosa, siis objekt kustutatakse keskkonnast ja olenevalt sellest, mis objektiga oli tegu mängijale kas liidetakse 1 punkt või mitte.



Joonis 4. Stsenaariumi lõppvaade.

Kui katseisik on kasutanud kõik oma 7 arvamiskorda ära, siis katse lõppeb. Katse lõppedes kuvatakse suurelt mängija silme ette kiri “*Game over*”. Et katseisik saaks katse lõppedes hea ülevaate sellest, kuidas tal läks, muudetakse sfääri materjal heledamaks, mis toob kõik objektid selgelt nähtavale.

Lisati ka võimalus eksperimendi koordinaatoril arvuti tagant keskkonna heledust eksperimendi jooksul vabalt noole klahvide abil muuta. Võimalik on muuta kas kogu keskkonna objektide ja välimise sfääri heledust üheaegselt või siis muuta ainult välimise sfääri heledust. Sellega on võimalik vajadusel teha objekte lihtsamini märgatavaks. Veel on jäetud võimalus punktilugejat sisse ja välja lülitada. Selle abil on võimalik muuta eksperimendi olemust, kuna punktilugeja puudumisel ei saa kasutaja tagasisidet oma otsuste õigsuse kohta.

Kogu eksperimendi vältel mängib taustal mürarikas heli. Õnneks oli mängumootoris sobiv heli juba vaikimis saadaval.

Vältimaks seda, et kõik stsenaariumid oleks koguaeg samasugused, määratakse objektide asukohad iga eksperimendi alguses juhuslikkuse alusel. Koordinaatide täiesti juhuslik genereerimine võib kaasa tuua selle, et objektid satuvad üksteise ette. Selle vältimiseks oli

vaja, et objektid saaks ilmuda ainult kohtadesse, mis on täpselt välja valitud. Selleks võeti iga stsenaariumi algul keskkonnast objektide asukohad, mis olid eelnevalt paika sätitud. Need asukohtade koordinaadid paigutati järjendisse ning seejärel segati järjendi elemendid juhuslikult. Seejärel võeti järjest järjendist elemente ja määrati objektidele uued asukohad.

Puudused ja korrektuurid

Esialgsete eksperimentide põhjal ilmnis koheselt üks suur puudus, mis selles keskkonnas viibides avaldus. Nimelt kui ennast selles keskkonnas liigutada, siis tulevad kõik varjatud objektid kohe selgelt nähtavale ja kui täiesti paigal seista, siis sulandub kõik ühte ja pole võimalik midagi näha. See tekkis sellest, et kõik vastavad objektid olid kaetud sama staatilise materjaliga. Keskkonnas liikudes tekib tänu 3D keskkonnale ruumist ja selles paiknevate objektide kaugusest parem ülevaade ja objektide piirjooned tulevad paremini nähtavale. Kui paigal seista, siis objekte katva korrapärase materjali tõttu sulandub kõik ühte ja kuna tegemist on staatilise materjaliga, siis kaob ära ka väreluse efekt. Selle probleemi lahendamiseks prooviti muuta keskkond mittestaatiliseks. Kõige paremaid tulemusi andis lahendus, kus muudeti välimine kera konstantselt hästi kiiresti värisevaks. See muutis kogu keskkonna katseisiku jaoks ka paigal seistes värelevaks. Tulemuseks oli see, et nüüd oli võimalik objekte õrnalt märgata ka paigal seistes ja liigutades ei tulnud objektid nii selgelt nähtavale kui varem.

Materjalid

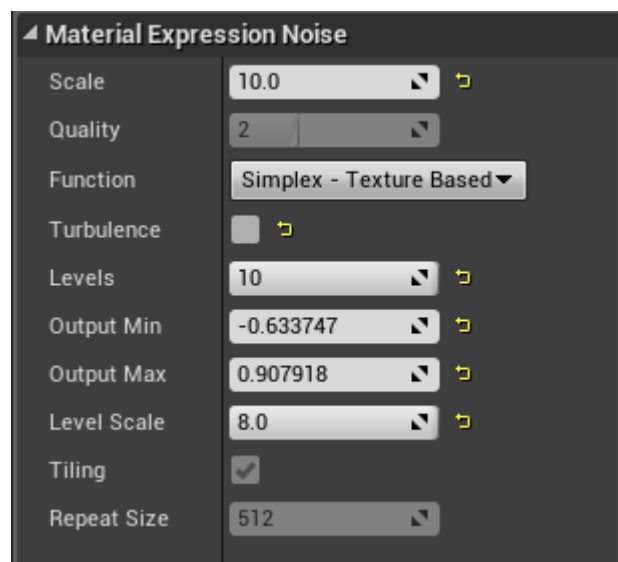
Maksimaalse efekti saamiseks tuli läbi proovida paljude erinevate pinnaomadustega materjale ja lahendusi. UE4 mängumootoris on sisseehitatud müra algoritmid, mida saab kasutada, kuid mitmed parameetrid on jäetud vabalt modifitseeritavaks. Nendega manipuleerides üritati saavutada parimat võimaliku efekti. Valikus oli 6 erinevat funktsiooni, mis genereerisid müra erinevatel viisidel.

Tabel 1. UE4 müraalgoritmid. (Unreal Engine, 2017)

Simplex - Texture Based	Kõrge kvaliteediga meetod, mis utiliseerib simpleksalgoritmi.
-------------------------	---

Gradient - Texture Based	Kõrge kvaliteediga meetod. Tuntud ka kui <i>Perlin Noise</i> .
Fast Gradient - 3D Texture	Kõrge kvaliteediga, kuid ei anna hästi sügavust edasi.
Gradient – Computational	Kõrge kvaliteediga, suurt arvutusjõudlust nõudev meetod.
Value – Computational	Madala kvaliteediga, puhtalt arvutuslik meetod.
Voronoi	Tuntud ka kui <i>Cellular</i> müra. Kasutab teistest meetoditest erinevat lähenemist. Utiliseerib Voronoi diagrammi põhimõtteid.

Antud keskkonna loomisel ei tulnud meetodite erinevused olulisel määral esile. Väiksed erinevused olid, kuid eksperimendi iseloomu silmas pidades polnud erinevused piisavalt suured, et need kasutuskogemust mõjutaksid. Suuremad erinevused olid meetodite arvutuskiiruses. Katsetuste käigus leiti, et simpleksalgoritmil baseeruv meetod töötab kõige stabiilselt, ning otsustati kasutada just seda.



Joonis 6. Müra materjali seaded.

Lisaks materjali omaduste muutmisele on võimalik objektide nägemist lihtsustada või raskendada projekti enda seadeid muutes. Vaikimisi on igas projektis *Ambient Occlusion* seade sisselülitatud. Selle peamine funktsioon on muuta erinevad raskesti ligipääsetavad kohad ja valguse eest osaliselt varjatud kohad natuke tumedamaks, mis annab keskkonnale

realistlikuma mulje. Antud projektis ei tule see efekt väga jõuliselt esile, kuid siiski selle väljalülitamisel muutub objektide tajumine mõnevõrra keerulisemaks.

4. Tulemused

Kuigi eesmärgiks ei olnud selle rakenduse abil põhjalikku ja suuremõõtmelist uuringut läbi viia, oli siiski vaja tagasisidet. Arendamise käigus testiti rakendust jooksvalt peamiselt iseisvalt. Iseenda peal testimine ei anna pikas perspektiivis valideidseid tulemusi. Selleks, et saada tagasisidet kõrvalseisja pilgu läbi, tuli lasta antud rakendust testida ka teistel inimestel.

Mai lõpuks valmis stsenaarium, mida oli võimalik testida aine „Arvutigraafika projekt“ raames. Selles aines viidi läbi 4 tundi kestev presentatsiooni päev, kuhu said tulla kõik inimesed, kes tahtsid testida ja katsetada sealseid projekte. Huvi autori loodud rakenduse vastu oli üpris suur, mis tähendas, et saadi palju vajalikku tagasisidet väga erineva taustaga inimestelt.

Leidus inimesi, kes polnud varem üldse virtuaalreaalsusega kokku puutunud ning leidus ka inimesi, kes olid selles vallas suurte kogemustega. Üks huvitav tähelepanek oli see, et inimeste kohanemiskiirus selle mürarikka keskkonnaga oli väga erinev. Mõne inimese jaoks oli antud stsenaarium ilmselgelt liiga lihtne ja kõik toolid tuvastati mängleva kiirusega ilma, et oleks kordagi kõheldud. Kõige kiirem aeg oli 11 sekundit nii, et tuvastati kõik toolid õigesti. Mõni teine inimene pidi veetma selles keskkonnas väga palju aega ja ikka ei suudetud tuvastada kõiki toole. Kõige aeglasem aeg oli 5 minutit ja 30 sekundit, ning siinjuures eksis katseisik lausa 3 tooliga.

Tagasiside

Kuna inimeste kogemused antud rakendusega olid väga erinevad, oli ka tagasiside väga mitmekülgne. Inimesed, kellele tundus see stsenaarium liiga lihtne, soovitasid objekte tsentrist kaugemale viia ja eksitavaid objekte stsenaariumi juurde lisada. Osad inimesed märkisid ära, et tooli valimise meetod pole väga intuitiivne. Harjumusest taheti puldiga objektide suunas sihtida. Samuti pakuti välja, et selles keskkonnas viibides võiks taustaks mängida ka mingi mürarikas heli.

Edasised arendused

Selle rakenduse arendamine osutus huvitavaks ja aeganõudvaks protsessiks. Palju on veel mõtteid võimalike edasiarenduste kohta, millega antud töö ajaraamistiku tõttu ei jõutud katsetusi teha.

Üheks edasiarenduseks oleks muuta heli dünaamiliseks ja sõltuvaks sellest, mis olukord stsenaariumis parasjagu on või kuidas eksperimendi kordinaator paremaks arvab. Võimalik oleks heli tugevust vastavalt situatsioonile muuta või siis lasta mingeid iseäralikke toone

kindlatel hetkedel. Näiteks kui katseisik vaatab õige objekti poole siis mängida vaevu märgatavat tooni. Sellega saaks tekitada katseisikus justkui mingi mudeli ja siis oleks huvitav jälgida, mis juhtub kui seda mudelit järsku muuta ja tooni vales kohas mängida.

Veel oleks hea kui eksperimendi kordinaatoril oleks rohkem parameetreid, mida modifitseerida ja millega keskkonda olenevalt vajadusele muuta.

Lisaks erinevatele toolidele võiks olla veel teisigi objekte, mida katseisikul tuleks tuvastada. Kui sama katseisik läbib seda stsenaariumi mitu korda, siis mingist hetkest oskab ta neid objekte liiga lihtsalt tuvastada.

Samuti ei jõutud proovida varianti, kus objektide asukoht oleks mingisuguses sõltuvuses katseisiku asukohaga. Ehk muuta objektide asukohad dünaamiliselt muutuvaks. See muudaks selle stsenaariumi natuke raskemaks ja ilmselt kasutaja jaoks ka natuke hallutsinogeensemaks.

5. Kokkuvõte

Selle lõputöö raames arendati virtuaalreaalsuse keskkond, kus on võimalik teha erinevaid neuropsühholoogilisi katsetusi. Loodud rakendus on mõeldud eelkõige uurimaks seda, kuidas inimesed tulevad toime mürarikas keskkonnas ja kas antud keskkonnas viibimine võib indutseerida tajupetete teket. Antud virtuaalreaalsuse keskkond valmis kasutades Unreal Game Engine't ja rakendus loodi silmas pidades HTC Vive virtuaalreaalsusprillide vabalt ruumis liikumise võimekust. Töö käigus prooviti läbi erinevaid lähenemisi ja tehnilisi lahendusi, et leida parimaid tulemusi andvad kombinatsioonid. Töö eesmärgiks polnud läbi viia suuremõõtmelist uuringut antud rakenduse peal, vaid pigem oli eesmärgiks luua paindlik ja mitmekülgne lahendus selleks, et vastava eriala inimesed saaksid tulevikus seda teaduslikel eesmärkidel kasutada ja vajadusel edasi arendada.

Lõpptulemuseks oli stsenaarium, kus katseisik, kes asetati visuaalselt mürarikasse keskkonda, pidi enda ümber olevatest objektidest välja filtreerima erinevat tüüpi toolid. Eksperimendi koordinaatorile jäeti võimalus antud keskkonda vastavalt oma äranägemise järgi eksperimendi jooksul muuta. Esialgsed katsetused viitasid sellele, et inimesed kohanevad selle mürarikka keskkonnaga väga erinevalt.

Varasemalt on hallutsinatsioone uuritud peamiselt kahedimensionaalsete vahenditega. Selle lõputöö raames loodud virtuaalreaalsuse keskkond on unikaalne, kuna lubab sarnaseid eksperimente läbiviia kolmedimensionaalses ruumis. 3D keskkonnas läbiviidud eksperimendid annavad realistlikumaid tulemusi, kuna kogemused antud keskkonnas on palju vahetumad ja reaalsemad.

6. Kasutatud kirjandus

- Barber, T. X., & Calverley, D. S. (1964). An experimental study of "hypnotic" (auditory and visual) hallucinations. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 13-20.
- Brucks, R. (2016). *Creating a Volumetric Ray Marcher*. Allikas: Shader Bits: <https://shaderbits.com/blog/creating-volumetric-ray-marcher>
- Buckley, S. (2015). *This Is How Valve's Amazing Lighthouse Tracking Technology Works*. Allikas: Gizmodo: <https://gizmodo.com/this-is-how-valve-s-amazing-lighthouse-tracking-technol-1705356768>
- Desai, P. R., Nikhil Desai, P., Ajmera, K. D., & Mehta, K. (2014). *A Review Paper on Oculus Rift-A Virtual Reality Headset*. Allikas: <https://arxiv.org/abs/1408.1173>
- D'Orazio, D., & Savov, V. (2015). *Valve's VR headset is called the Vive and it's made by HTC*. Allikas: The Verge: <https://www.theverge.com/2015/3/1/8127445/htc-vive-valve-vr-headset>
- Foreman, N. (2009). Virtual Reality in Psychology. *THEMES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY EDUCATION*, 225-252.
- Gregory, R. (1970). *The intelligent eye*. New York.
- Hohwy, J. (2013). *The Predictive Mind*. Oxford University Press.
- Kitaoka, A. (2003). *Crawling Snakes*.
- LaViola Jr., J. J. (2000). A discussion of cybersickness in virtual environments. *ACM SIGCHI Bulletin*, 47-56.
- Maiberg, E. (2015). *Valve and HTC Reveal Vive VR Headset*. Allikas: Gamespot: <https://www.gamespot.com/articles/valve-and-htc-reveal-vive-vr-headset/1100-6425606/>
- Merkelbach H, v. d. (2001). Another White Christmas: fantasy proneness and reports of 'hallucinatory experiences' in undergraduate controls. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 137-144.
- Miroliubov, A. (2018). *Visual Programming – An Alternative Way Of*. Information and Communications Technology. Allikas: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/146332/Aleksandr_Miroliubov_Visual_Programming_Thesis.pdf?sequence=1
- Palm, K. H. (2018). Hallutsinatsioonide tekkimine ootuste poolt: eksperimentaalne uurimus. Eesti. Allikas: http://dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/61218/palm_ma_2018.pdf
- Paradox Notion. (2015). *FlowCanvas*. Allikas: Unity Asset Store : <https://assetstore.unity.com/packages/tools/visual-scripting/flowcanvas-visual-scripting-33903>
- Pierre, J. (2014). *I'm Hallucinating a White Christmas*. Allikas: Psychology Today: <https://www.psychologytoday.com/us/blog/psych-unseen/201412/i-m-hallucinating-white-christmas>
- Pitkow, X. (2017). Inference in the Brain: Statistics Flowing in Redundant Population Codes. *Neuron*, 94(5), 943 - 953.
- Schultheis, M. T., Himmelstein, J., & Rizzo, A. A. (2002). Virtual reality and neuropsychology: Upgrading the current tools. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 379-394.
- Zalewski, M. (2017). The future of WordPress: Visual Scripting. *Medium*. Allikas: <https://medium.com/hotsorce-io/the-future-of-wordpress-visual-scripting-141eceb50bbf>

- Unreal Engine. (2015). *Animating UV Coordinates*. Allikas:
<https://docs.unrealengine.com/en-us/Engine/Rendering/Materials/HowTo/AnimatingUVCoords>
- Unreal Engine. (2017). *Utility Expressions*. Allikas: Unreal Engine:
<https://docs.unrealengine.com/en-US/Engine/Rendering/Materials/ExpressionReference/Utility>
- Yellowlees, P., & Cook, J. (November 2006. a.). Education About Hallucinations Using an Internet Virtual Reality System: A Qualitative Survey. *Academic Psychiatry*, 1k 534. doi:<https://doi.org/10.1176/appi.ap.30.6.534>

Lisad

I. Rakenduse kasutusjuhend

Projektiga seotud failid asuvad *Content/WhiteNoiseProject* nimelises kaustas. Loodud stsenaariumid asuvad *Content/WhiteNoiseProject/levels* nimelises kaustas. *Main* nimeline stsenaarium on see, kus on valminud põhiosa sellest tööst. *Silinder* nime kandvas stsenaariumis tehti katsetusi töös mainitud pöörleva silindri põhimõttega.

Hetkel tuvastamist vajavad objektid asuvad kaustas *Content/WhiteNoiseProject/toolid*. Neid on võimalik soovi korral välja vahetada millegi muu vastu. Uue objekti keskkonda lisamisel tuleb meeles pidada järgmiseid punkte:

- Objekti külge tuleb lisada vastavalt objekti eesmärgile, kas **target_comp** või **trap_comp** komponent. *Target_comp* komponent käib objekti külge, mida katsealune peab keskkonnas leidma. *Trap_comp* komponent käib kõigi ülejäänud objektide külge.
- Objekti **Mobility** seadistus peab olema **Movable**.
- Objekti **Generate Overlap Events** seadistus peab oleme seatud **true**'ks.

Main nime kandvas stsenaariumis on arvuti klaviatuurilt eksperimentaatorile kasutatavad järgmised klahvid:

- C – saab loendurit sisse/välja lülitada.
- Vasak ja parem nooleklahv – muudavad välimise sfääri heledust.
- Üles ja alla nooleklahv – muudavad terve keskkonna heledust.

II. Hoidla

Link rakenduse kaustale, mis tuleb tõsta Unreal Game Engine 4 töökausta:
<https://drive.google.com/drive/folders/1N4Ufg0K6vhzLkOWAM99aQevG3299zd3K?usp=sharing>

III. Litsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, **Kristjan Kitse**,
(*autori nimi*)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose
Visuaalne valge müra keskkond virtuaalreaalsuses,
(*lõputöö pealkiri*)

mille juhendajad on Madis Vasser ja Jaan Aru
(*juhendaja nimi*)

- 1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil,
sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse
tähtaja lõppemiseni;
- 1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu,
sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja
lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **09.08.2018**